

551535

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2004 年 10 月 21 日 (21.10.2004)

PCT

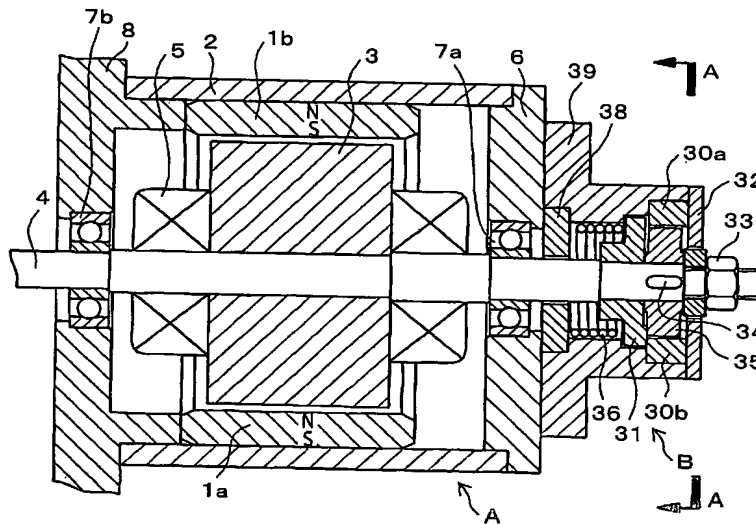
(10) 国際公開番号
WO 2004/091078 A1

- (51) 国際特許分類⁷: H02K 33/00
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2004/004866
- (22) 国際出願日: 2004 年 4 月 2 日 (02.04.2004)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2003-100862 2003 年 4 月 3 日 (03.04.2003) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): ミネベア株式会社 (MINEBEA CO., LTD.) [JP/JP]; 〒3890293 長野県北佐久郡御代田町大字御代田 4 1 0 6 - 7 3 Nagano (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 趙 申 (CHOU, Shin) [CN/JP]; 〒1438543 東京都大田区大森西 4 - 1 8 - 1 8 ミネベア株式会社 大森製作所内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 末成 幹生 (SUENARI, Mikio); 〒1040031 東京都中央区京橋一丁目 6 番 1 3 号 アサコ京橋ビル 3 階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI,

[続葉有]

(54) Title: ROTARY ACTUATOR

(54) 発明の名称: ロータリーアクチュエータ



(57) Abstract: A rotary actuator comprises a stator having a plurality of permanent magnets (1a, 1b), a rotor having a rotor core (3) formed with a plurality of salient poles (3a, 3a) and a rotor coil (5) wound on the rotor core (3), a magnetic torque generating section (A) for generating a torque between the rotor and the stator by passing an electric current through the rotor coil (5), the generated torque being substantially proportional to the electric current passed, and a coil spring (36) adapted to have applied thereto the magnetic torque generated between the rotor and the stator and to be deformed by an amount substantially proportional to the magnitude of the magnetic torque. Thereby, when an exciting current is supplied to the rotor, a magnetic torque substantially proportional to the current is generated between the rotor and the stator to deform the coil spring (36), and the rotor is stopped at an angular position such that the generated magnetic torque coincides with an opposite torque produced by the coil spring (36).

(57) 要約: 本発明のロータリーアクチュエータは、複数の永久磁石 1a、1b を有する固定子と、複数の突極 3a、3a が形成された回転子鉄心 3 および回転子鉄心 3 に巻回された回転子コイル 5 を有する回転子とを具備し、回転子コイル 5 に通電することにより、通電した電流

[続葉有]

WO 2004/091078 A1



NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC,

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

にほぼ比例するトルクを回転子と固定子との間に発生する磁気トルク発生部Aと、回転子と固定子との間に発生した磁気トルクが負荷されて該磁気トルクの大きさにほぼ比例した量変形するコイルばね36とを備えている。これにより、回転子に励磁電流を供給するとその電流にほぼ比例する磁気トルクが回転子と固定子との間に発生してコイルばね36を変形させ、発生した磁気トルクがコイルばね36の反対トルク一致した角度位置で停止する。

明 細 書

ロータリーアクチュエータ

技術分野

この発明は、2つの永久磁石を有する固定子と、2つの突極が形成された回転子鉄心および該回転子鉄心に巻回された回転子コイルを有する回転子とを備え、回転子コイルに通電することにより、回転子と固定子の相対角度位置を変位させるロータリーアクチュエータに関する。

背景技術

従来、例えば、エンジンの吸入空気量は、スロットルボディに取り付けられているバルブを、DCモータにより開閉駆動することにより調節されていた。DCモータを用いる場合、モータの出力トルクをスパーギアによる2段減速機構で、11倍増幅してからスロットルボディのバタフライバルブを駆動し、バルブの開角度を薄膜抵抗体と金属ブラシからなるポテンシオ角度検出器により検出する。しかしながら、DCモータを用いる場合、スパーギアによるバックラッシュが避けられず、バルブ開角度を正確に制御することが難しい。また、バルブ開角度を検出するポテンシオ角度検出器において、薄膜抵抗体と金属ブラシとが摺動するため、耐久性、寿命、精度への悪影響が避けられない。

一方、バックラッシュの原因となるギアを用いる必要がないロータリーアクチュエータを上記のような回転制御に用いることが考えられる。例えば、特開平9-163708号公報では、固定子である1対の磁極を有する固定子鉄心に固定子コイルを巻回し、該固定子の周囲に円筒形の回転子を設け、該回転子の内側には、上記固定子鉄心に対面するように、1対の永久磁石を固定するロータリーアクチュエータが提案されている。該従来技術では、上記1対の永久磁石の各々において、その両端部の肉厚を中央部の肉厚の9割以下となるように設定している。このように、永久磁石の肉厚を制御することにより、無通電時トルクに反転トルクが発生することがなく、回転子を2つの目標位置までだけ常に確実に回転移動させることができ

るようになっている。

ところで、上述した従来技術によるロータリーアクチュエータは、無通電時に回転子が 0° 位置に止まり、通電時には、回転子がある角度まで回転し、断電すれば、永久磁石のトルクで 0° 位置に戻るようになっている。このため、任意の角度位置で回転子を停止させることはできない。したがって、従来技術によるロータリーアクチュエータでは、上述したようなエンジンの吸入空気量を調節するためのバルブの開き具合を制御することは不可能である。

発明の開示

この発明は上述した事情に鑑みてなされたもので、簡単な構造で、励磁電流の大きさと通電方向に応じて任意の回転角度位置へ変位させることができるロータリーアクチュエータを提供することを目的としている。

本発明に係るロータリーアクチュエータは、複数の永久磁石を有する固定子と、複数の突極が形成された回転子鉄心および該回転子鉄心に巻回された回転子コイルを有する回転子とを具備し、回転子コイルに通電することにより回転子と固定子との相対角度位置を変異させ、通電した電流にほぼ比例する磁気トルクを回転子と固定子との間に発生する磁気トルク発生部と、回転子と固定子との相対角度変異量にほぼ比例した量変形し、前記磁気トルクの逆方向に向かうトルクを発生する弾性部材とを備えたことを特徴としている。

上記構成のロータリーアクチュエータにあつては、回転子に励磁電流を供給するとその電流にほぼ比例する磁気トルクが回転子と固定子との間に発生して回転子と固定子との相対回転角度位置を変異させる。これにより、弾性部材が変形させ、発生した磁気トルクが弾性部材の反発力（反対トルク）と一致した角度位置で停止する。したがって、回転子または固定子は、供給された励磁電流の大きさにほぼ比例した角度相対回転するので、種々の機械構造においてギア等を介することなく簡単な構造で、励磁電流の大きさと通電方向に応じて任意の回転角度位置の制御を行うことができる。なお、本発明では、「回転子」および「固定子」という用語を用いているが、本発明の適用において回転子または固定子のいずれが固定または回転す

るかは任意である。

上記構成のロータリーアクチュエータでは、通電方向を逆にすると逆方向の磁気トルクが発生する。そこで、逆方向の回転も制御するために、回転子または固定子の一方向に向かう磁気トルクが負荷される第1弾性部材と、回転子または固定子の逆方向に向かう磁気トルクが負荷される第2弾性部材とを備えると好適である。

また、第1、第2弾性部材の弾性係数を互いに異なるように設定すると、同じ電流値で通電しても回転子および固定子の相対回転角度位置が異なるので、さらに応用範囲が広がる。

さらに、弾性部材としてコイルばねを用いることにより、1つの弾性部材で逆方向の回転も制御することができる。すなわち、コイルばねの一端部が取り付けられ回転子が一方向へ回転したときに該回転子とともに回転してコイルばねを変形させる第1ばね駆動手段と、コイルばねの他端部が取り付けられ回転子が逆方向へ回転したときに該回転子とともに回転してコイルばねを変形させる第2ばね駆動手段とを備える。この態様では、回転子がいずれの方向へ回転してコイルばねを変形（例えば締め付ける）ことができる。

また、弾性部材に予荷重をかけて予め変形させておくと、部品の製造誤差や組立誤差に起因する部品どうしの隙間が解消され、回転子が回転し始めたときの遊びが無くなるという利点がある。

本発明における磁気トルク発生部は、固定子に2つの永久磁石を備え、回転子鉄心に2つの突極を備え、永久磁石の磁極境界部の肉厚を中央部の肉厚の90～95%とし、突極の中央部から回転子鉄心の回転中心までの距離を、突極の境界部から回転子鉄心の回転中心までの距離の99%以下とし、突極の境界部と回転子鉄心の回転中心との連線間の角度を100°以上とすることが望ましい。

上記のような磁気トルク発生部によれば、回転子コイルへの一定の励磁電流に対して、回転子鉄心の90°以上の回転角度範囲において磁気トルクが一定となり、励磁電流に比例して大きくなる。また、励磁電流を逆に印加すると、磁気トルクが逆方向となるので、簡単な構造で、励磁電流の大きさと通電方向に応じて任意の回転角度位置へ変位させることが可能となる。

回転子コイルへの一定の励磁電流に対して、回転子鉄心と固定子との90°以上

の相対回転角度範囲において磁気トルクを一定とするための具体的な構成として以下の態様を例示することができる。

まず、永久磁石の磁極境界部の肉厚を中央部の肉厚より小さくし、突極の中央部から回転子鉄心の回転中心までの距離を、突極の境界部から回転子鉄心の回転中心までの距離より小さくし、突極の境界部と回転子鉄心の回転中心との連線間の角度を鈍角となるように形成する構成を採用することができる。

また、回転子鉄心と永久磁石とのそれぞれの対向面を、中心位置が異なる円弧面から形成したり、回転子鉄心に対向する永久磁石の対向面を楕円面状に形成したり、永久磁石の磁極境界部における回転子鉄心に対向する対向面を平坦にカットした形状となるように形成することもできる。

また、永久磁石に対向する回転子鉄心の対向面を、中心位置が異なる円弧面から形成することができ、さらに、永久磁石の磁極境界部に無着磁領域を形成することもできる。

図面の簡単な説明

図1は、本発明の第1実施形態によるロータリーアクチュエータの構造を示す縦断面図である。

図2は、図1のA-A線矢視である。

図3は、第1実施形態によるロータリーアクチュエータの構造を示す軸断面図である。

図4は、図3に示す状態から回転子コイルに励磁電流を流して回転子鉄心が90°回転した状態を示す軸断面図である。

図5Aは回転子鉄心の構造を示す平面図、図5Bは永久磁石の構造を示す平面図である。

図6は、励磁電流の大きさを変えた場合の回転子の回転角度位置と磁気トルクとの関係の一例を示すグラフである。

図7は、回転子鉄心が回転する様子を示す軸断面図である。

図8は、ばね輪を示す図であって、図8Aは裏面図、図8Bは縦断面図、図8Cは平面図である。

図 9 は、ばね駆動輪を示す図であって、図 9 A は縦断面図、図 9 B は平面図である。

図 10 は、励磁電流の大きさを変えた場合の回転子の回転角度位置と磁気トルクおよびコイルばねによる反対トルクとの関係を示すグラフである。

図 11 は、本発明の第 2 実施形態によるロータリーアクチュエータの構造を示す縦断面図である。

図 12 は、図 11 の A-A 線矢視である。

図 13 は、第 2 実施形態において励磁電流の大きさと方向を変えた場合の回転子の回転角度位置と磁気トルクおよびコイルばねによる反対トルクとの関係を示すグラフである。

図 14 は、本発明の第 3 実施形態によるロータリーアクチュエータの構造を示す縦断面図である。

図 15 は、図 14 の A-A 線矢視である。

図 16 は、外周ばね輪を示す図であって、図 16 A は裏面図、図 16 B は縦断面図、図 16 C は平面図である。

図 17 は、内周ばね輪を示す図であって、図 17 A は縦断面図、図 17 B は平面図である。

図 18 は、ばね駆動輪を示す図であって、図 18 A は平面図、図 18 B は縦断面図、図 18 C は裏面図である。

図 19 は、第 3 実施形態において励磁電流の大きさと方向を変えた場合の回転子の回転角度と磁気トルクおよびコイルばねによる反対トルクとの関係を示すグラフである。

発明を実施するための最良の形態

1. 第 1 実施形態

A. 第 1 実施形態の構成

次に図 1 ～図 10 を参照してこの発明の実施形態について説明する。図 1 は、本発明の第 1 実施形態によるロータリーアクチュエータの構造を示す縦断面図である。このロータリーアクチュエータは、磁気トルク発生部 A と、反対トルク発生部 B と

から概略構成されている。まず、磁気トルク発生部の構成について説明する。

図において、1 a, 1 bは、1対の永久磁石であり、固定子であるヨーク2の内壁面に固定されている。永久磁石1 aは、内側にN極、外側（ヨーク側）にS極を有し、永久磁石1 bは、内側にS極、外側（ヨーク側）にN極を有する。回転子鉄心3は、突極3 a, 3 aを有し、該突極3 a, 3 aの間には回転子コイル5が巻回されている。回転子鉄心3の中央には回転軸4が設けられている。

次に、上記ヨーク2は、ホルダ6および定位ホルダ8に固定されており、該ホルダ6および定位ホルダ8には、貫通する回転軸4を回転自在に保持する軸受7 a, 7 bが設けられている。また、図4には、回転子コイル5に励磁電流を流し、回転子鉄心3が90°回転した状態を示している。

次に、図5 A, 5 Bは、上記回転子鉄心の構造を示す平面図および上記永久磁石の構造を示す平面図である。図5 Aに示すように、回転子鉄心3に形成されている突極3 a, 3 aは、半径R3の中央部円弧3 bと半径R4の境界部円弧3 fとを有する。すなわち、突極3 a, 3 aの永久磁石1 a, 1 bに対向する対向面は、その中央部3 b, 3 bと境界部3 f, 3 fとで異なる半径の円弧で形成されており、それぞれの円弧の半径R3と半径R4の中心は、距離Gだけずれている。より具体的には、突極3 a, 3 aの中央部から回転子鉄心3の回転中心までの距離を、突極3 a, 3 aの境界部から回転子鉄心3の回転中心までの距離の99%以下になるようにしている。

また、図5 Bに示すように、永久磁石1 a, 1 bは、半径R1の回転子対向面円弧と半径R2の反対面円弧とを有する。すなわち、永久磁石1 a, 1 bの各々の磁極境界部分の肉厚Bを、磁極中央部分の肉厚Aの約90～95%の間となるようにしている。また、永久磁石1 a, 1 bにおける回転子対向面円弧中心と反対面円弧中心とは、距離Eだけずれている。

次に、反対トルク発生部Bの構成について説明する。

図1に示すように、ホルダ6の表面には、筒状のばねハウジング39がボルト20によって取り付けられている。ばねハウジング39の内周部とホルダ6の表面には、ばね固定板38が相対回転を阻止された状態で挟持されている。ばねハウジング39の内周部には、ばね輪31が回転軸4によって回転自在に支持されている。

図8A～8Cに示すように、ばね輪31の表面には、180°互いに離間した凸部31aが形成され、一方の凸部31aには、表裏面に貫通する孔31bが形成されている。ばね輪31は、ばね固定板38と間隔をあけて配置され、ばね輪31とばね固定板38との間には、コイルばね（弾性部材）36が取り付けられている。コイルばね36の一端部はばね輪31の孔31bに挿入され、他端部はばね固定板38に形成した孔（図示略）に挿入されている。

一方、ばねハウジング39の内周部には、ばね輪31と隣接する一对のストッパ30a、30bが180°互いに離間して配置されている。ストッパ30a、30bは、ばねハウジング39の内周部に形成されたアリ溝39aに嵌合させられている。図2に示すように、ばね輪31は、その凸部31aが一方のストッパ30aを離れて他方のストッパ30bに当接するまで回転可能である。その回転に伴って、ばね輪31はコイルばね36を締め付ける。

回転軸4には、ばね駆動輪35がばね輪31に隣接して取り付けられている。なお、図において符号34は回転軸4とばね駆動輪35との相対回転を阻止するキーである。ばね駆動輪35の外周部には、半径方向へ突出する一对の凸部35aが180°互いに離間して形成されている。凸部35aどうしの外径はストッパ30a、30bどうしの内径よりも小さいため、ばね駆動輪35はストッパ30a、30bに拘束されずに回転可能である。一方、凸部35aは、その回転軌跡がばね輪31の凸部31aと重複しているため、回転軸4を回転させてばね駆動輪35を回転させると、ばね駆動輪35の凸部35aがばね輪31の凸部31aに当接する。これにより、ばね輪31が回転させられ、コイルばね36が締め付けられる。

なお、図1において符号32はカバーであり、カバー32は、回転軸4に螺合されたボルト33によってばねハウジング39に取り付けられている。このカバー32は、ストッパ30a、30bの抜止めとなっている。

B. 第1実施形態の動作

次に、上記構成のロータリーアクチュエータの動作について説明する。

図6は、励磁電流を変えた場合の回転子の回転角度と磁気トルクとの関係の一例を示す概念図である。図示するように、一定の励磁電流に対して、回転子鉄心3の90°以上の回転角度範囲において磁気トルクが一定であり、磁気トルクが、励磁

電流に比例して大きくなることが分かる(以下、その回転角度範囲を「比例範囲」と称する)。また、励磁電流を逆に印加すると、磁気トルクが逆方向となることも分かる。

すなわち、上記のようなトルク発生部Aによれば、永久磁石1a, 1bの磁極境界部の肉厚を中央部の肉厚の90～95%とし、突極3a, 3aの中央部から回転子鉄心3の回転中心までの距離を、突極3a, 3aの境界部から回転子鉄心3の回転中心までの距離の99%以下とし、さらに、突極3a, 3aの境界部と回転子鉄心3の回転中心との連線間の角度を100°以上としたので、回転子コイル5に励磁電流を通電した場合には、励磁電流による磁気トルクの大きさと方向は、回転子鉄心3の90°以上の比例範囲において、励磁電流の大きさと方向とに比例し、通電しない場合には、永久磁石1a, 1bによるトルクが回転子鉄心3のこの比例範囲でゼロとなる。

図7には、励磁電流を供給することで、非通電状態の回転子鉄心3の回転角度「0°」から「180°」までの回転角度範囲において、20°ずつ回転子鉄心3が回転する様子が示されている。回転子鉄心3の磁気トルクは、前述したように、90°以上の比例範囲で励磁電流の大きさに比例する。したがって、回転子鉄心3に反対トルク発生部Bから反対トルクを負荷することにより、励磁電流を適宜に選択して印加することで回転子鉄心3を90°以上の比例範囲に任意の回転角度に回転させることができ、励磁電流の通電を止めれば、反対トルク発生部Bからの反対トルクにより回転子鉄心3を元の位置に戻すことができる。

図10に示すように、第1実施形態では、回転子鉄心3の回転角度「40°」から「130°」までの90°の範囲で大きさの一定な励磁電流に対する磁気トルクがほぼ一定である。そこで、図10において130°の位置が回転子鉄心3の原点に設定されている。つまり、図2においてばね輪31の凸部31aがストッパ30a, 30bに当接している状態が原点位置であり、コイル5に励磁電流を供給することによって回転子鉄心3は図2に示す状態から反時計方向に回転する。図10に示すように、この原点位置の状態ではコイルばね36には予荷重が加えられている。この予荷重によってコイルばね36から回転子鉄心3に与えられる反対トルクは、コイル5に0.15Aの励磁電流を供給したときに発生するトルクとほぼ一致して

いる。

励磁電流を 0.15 A よりも大きくすると、回転子と固定子との間に発生する磁気トルクが増加するために回転子は回転する。しかしながら、回転子の回転は、回転軸 4 およびばね駆動輪 35 を介してばね輪 31 に伝達され、ばね輪 31 がコイルばね 36 を締め付ける。これにより、コイルばね 36 により発生する反対トルクが大きくなり、回転子が発生するトルクと釣り合った角度位置で回転子は停止する。図 10 には、回転子の回転角度（ストローク）に対するコイルばね 36 の反対トルクを直線で併記してあり、この直線と励磁電流が 0.30 A、0.45 A、0.60 A のときの回転子の磁気トルク曲線との交点が回転角度（ストローク）を表す。たとえば、励磁電流が 0.60 A のときは、回転子は 90° ($130^{\circ} - 40^{\circ}$) 回転する。

上記構成のロータリーアクチュエータにあっては、回転子に励磁電流を供給するとその電流にほぼ比例する磁気トルクが回転子と固定子との間に発生してコイルばね 36 を変形させ、発生した磁気トルクがコイルばね 36 の反対トルク一致した角度位置で停止する。したがって、回転子は、通電された電流の大きさにほぼ比例した角度回転するので、種々の機械構造における角度制御に適用することができる。したがって、このロータリーアクチュエータを例えばスロットルボディのバルブに適用した場合、バルブを直接駆動することができ、減速機構を必要とせず、さらに、バルブ開角度が励磁電流の大きさと比例するため、バルブ開角度を高精度で制御することができる。また、ブラシレスのため、耐久性、寿命を向上させることができる。また、バルブ開角度が励磁電流の大きさと比例するため、耐久性、寿命、精度に問題のある、バルブ開角度を検出するための検出機構を用いる必要がない。また、スパーギア減速機能などを必要としないため、コストダウン、信頼性の向上を図ることができる。また、低い励磁電流で高い磁気トルクが得られ、高磁気トルクでの長時間運転が可能となる。また、永久磁石にフェライト磁石などの安価な磁性材料を用いることができ、コストダウンにつながる。

2. 第 2 実施形態

図 11～図 13 を参照して本発明の第 2 実施形態を説明する。第 2 実施形態のロータリーアクチュエータは、図 8 A～8 C および図 9 A、9 B に示すばね輪 31 お

よびばね駆動輪 35 を 2 個づつ用いて回転子を 2 方向に回転制御できるように構成したものである。したがって、第 2 実施形態の構成要素は第 1 実施形態のものと同一であるので、個々の構成要素の説明は省略して組付状態のみ説明する。

図 11 に示すように、第 1 実施形態のばね固定板 38 が配置されていた箇所には、ストッパ 30a, 30b が配置され、ストッパ 30a, 30b の内周側では、ばね駆動輪 35 がキー 34 によって回転軸 4 に取り付けられている。ばね駆動輪 35 の隣には、ばね輪 31 がその凸部 31a の回転軌跡がストッパ 30a, 30b と重複するように回転軸 4 に回転自在に支持されている。そして、このばね輪 31 と間隔をあけてばね輪 31 およびばね駆動輪 35 が上記第 1 実施形態と同様に配置され、ばね輪 31 同士の間には、両端部をばね輪 31 の孔 31b にそれぞれ挿入したコイルばね 36 が介装されている。

図 12 に示すように、原点位置において、先端側のばね輪 31 の凸部 31a はストッパ 30a, 30b の反時計方向に隣接して配置され、内側のばね輪 31 の凸部 31a はストッパ 30a, 30b の時計方向に隣接して配置される。

回転子のコイル 5 に励磁電流を供給すると回転子が図 12 において反時計方向に回転し、それに伴ってばね駆動輪 35 およびばね輪 31 も反時計方向に回転する。このときのトルクはコイルばね 36 に伝達されるが、内側のばね輪 31 の凸部 31a がストッパ 30a, 30b に当接しているため、内側のばね輪 31 は回転しない。このため、先端側のばね輪 31 が回転した分だけコイルばね 36 が締め付けられる。

図 13 に示すように、回転子の原点位置は 105° とされ、回転子は 105° の位置から 40° の方向へ回転する。図 13 には、コイルばね 36 に予荷重をかけた場合のストローク特性を実線、予荷重をかけない場合のストローク特性を破線で示している。回転子の上記回転方向は、コイルばね 36 を先端側から見て反時計方向に回転させて締め付ける方向である。

次に、回転子のコイル 5 への励磁電流の供給を停止すると、回転子と固定子との間にトルクが発生しなくなるから、コイルばね 36 の反対トルクによって回転子は原点位置まで復帰する。そして、励磁電流の方向を逆にして供給すると、回転子には上記と逆方向のトルクが発生する。すなわち、回転子は図 12 において時計方向に回転するから、先端側のばね輪 31 がストッパ 30a, 30b によって止められ

た状態で、内側のばね駆動輪 3 5 およびばね輪 3 1 が時計方向に回転する。この場合において、コイルばね 3 6 に予荷重をかけている場合には、励磁電流が 0. 1 5 A を超えてから回転子は回転する。また、そのときの回転子の回転角度は、励磁電流の大きさに比例する。

上記構成のロータリーアクチュエータにおいても第 1 実施形態と同等の作用、効果を得ることができる。特に、第 2 実施形態では、回転子の逆方向の回転も制御することができるので、応用範囲が広がる。

3. 第 3 実施形態

図 1 4 ～図 1 9 を参照して本発明の第 3 実施形態を説明する。第 3 実施形態のロータリーアクチュエータは、ばね定数が互いに異なる 2 つのコイルばねを使用した点で第 1 実施形態と異なっている。

図 1 4 に示すように、ばねハウジング 3 9 の内周部とホルダ 6 の表面には、第 1 実施形態と同様に、ばね固定板 3 8 が相対回転を阻止された状態で挟持されている。ばねハウジング 3 9 の内周部には、内周ばね輪 1 2 が回転軸 4 によって回転自在に支持されている。

図 1 7 A, 1 7 B に示すように、内周ばね輪 1 2 の表面には、180° 互いに離間した凸部 1 2 a が形成され、一方の凸部 1 2 a には、表裏面に貫通する孔 1 2 b が形成されている。内周ばね輪 1 2 は、ばね固定板 3 8 と間隔をあけて配置され、内周ばね輪 1 2 とばね固定板 3 8 との間には、内周コイルばね（弾性部材）1 1 が取り付けられている。内周コイルばね 1 1 の一端部は内周ばね輪 1 2 の孔 1 2 b に挿入され、他端部はばね固定板 3 8 に形成した孔（図示略）に挿入されている。

内周ばね輪 1 2 の外周には、外周ばね輪 1 8 が回転自在に支持されている。図 1 6 A ～1 6 C に示すように、外周ばね輪 1 8 の表面には、180° 互いに離間した凸部 1 8 a が形成され、一方の凸部 1 8 a には、表裏面に貫通する孔 1 8 b が形成されている。外周ばね輪 1 8 とばね固定板 3 8 との間には、内周コイルばねよりも大きなばね定数を有する外周コイルばね（弾性部材）1 0 が取り付けられている。外周コイルばね 1 0 の一端部は外周ばね輪 1 8 の孔 1 8 b に挿入され、他端部はばね固定板 3 8 に形成した孔（図示略）に挿入されている。

一方、ばねハウジング 3 9 の内周部には、内周ばね輪 1 2 および外周ばね輪 1 8

と隣接する一対のストッパ17a, 17bが180°互いに離間して配置されている。ストッパ17a, 17bは、ばねハウジング39の内周部に形成されたアリ溝39aに嵌合させられている。図15に示すように、原点位置において、内周ばね輪12の凸部12aはストッパ17a, 17bの反時計方向に隣接して配置され、外周ばね輪18の凸部18aはストッパ17a, 17bの時計方向に隣接して配置される。そして、それら凸部12a, 18aは、ストッパ17a, 17bから先端側に突出している。

回転軸4の先端には、ばね駆動輪13が取り付けられている。図18A～18Cに示すように、ばね駆動輪13の一端面には、軸線方向へ突出する一対の内周凸部13aが180°互いに離間して形成されている。また、ばね駆動輪13の外周部には、半径方向へ突出する一対の外周凸部13bが180°互いに離間して形成されている。このばね駆動輪13は、内周凸部13aを内側へ向けて回転軸4にキー34によって取り付けられている。そして、図14のA-A線矢視である図15に示す取付状態において、内周凸部13aは、内周ばね輪12の凸部12aに時計方向で隣接し、外周凸部13bは、外周ばね輪18の凸部18aに反時計方向で隣接している。

回転子のコイル5に励磁電流を供給すると回転子が図15において時計方向に回転し、励磁電流の方向を逆にして供給すると回転子が図15において反時計方向に回転する。そして、上記構成によれば、回転軸4を図15において時計方向に回転させると、ばね駆動輪13の外周凸部13bが外周ばね輪18の凸部18aに当接し、外周ばね輪18が回転させられて外周コイルばね10が締め付けられる。また、回転軸4を図15において反時計方向に回転させると、ばね駆動輪13の内周凸部13aが内周ばね輪12の凸部12aに当接し、内周ばね輪12が回転させられて内周コイルばね11が締め付けられる。

図19に示すように、回転子の原点位置は120°とされ、回転子は120°の位置から45°の方向へ回転する。図19には、内周コイルばね11および外周コイルばね10に予荷重をかけた場合のストローク特性を実線、予荷重をかけない場合のストローク特性を破線で示している。回転子の上記回転方向は、内周コイルばね11を先端側から見て反時計方向に回転させて締め付ける方向である。

次に、回転子のコイル 5 への励磁電流の供給を停止すると、回転子と固定子との間に磁気トルクが発生しなくなるから、内周コイルばね 11 の反対トルクによって回転子は原点位置まで復帰する。そして、励磁電流の方向を逆にして供給すると、回転子と固定子との間には上記と逆方向の磁気トルクが発生する。すなわち、回転子は図 15 において時計方向に回転するから、内周ばね輪 12 がストッパ 17 a, 17 b によって止められた状態で、ばね駆動輪 13 および外周ばね輪 18 が時計方向に回転し、外周コイルばね 10 を締め付ける。

外周コイルばね 10 のばね定数は内周コイルばね 11 のそれよりも大きいため、図 19 に示すように、逆向きの励磁電流を供給した場合には同じ大きさの励磁電流に対して回転子の回転角度が小さい。したがって、このロータリーアクチュエータでは、回転方向によって制御の精度を変更することができる。

なお、上述した実施形態において、永久磁石 1 a, 1 b の磁極境界部の肉厚 B を中央部の肉厚 A より小さくするために、回転子鉄心 3 に対向する永久磁石 1 a, 1 b の対向面と、ヨーク 2 に固定されている固定面とを、中心位置が異なる円弧面から形成するようにしたが、回転子鉄心 3 に対向する永久磁石 1 a, 1 b の対向面を楕円面状に形成するか、あるいは永久磁石 1 a, 1 b の磁極境界部において、回転子鉄心 3 に対向する対向面を平坦にカットした形状となるように形成するようにしてもよい。また、永久磁石 1 a, 1 b の磁極境界部に無着磁領域を形成しても、肉厚を徐々に小さくしたのと同様の効果が得られる。

また、上述した実施形態において、突極 3 a, 3 a の中央部から回転子鉄心 3 の回転中心までの距離を、突極 3 a, 3 a の境界部から回転子鉄心 3 の回転中心までの距離より小さくするために、永久磁石 1 a, 1 b に対向する回転子鉄心 3 の対向面を、中心位置が異なる円弧面から形成するようにしたが、永久磁石 1 a, 1 b に対向する回転子鉄心 3 の対向面を楕円面状に形成するか、あるいは回転子鉄心 3 の突極境界部における永久磁石 1 a, 1 b に対向する対向面を平坦にカットした形状となるように形成するようにしてもよい。

なお、上記実施形態では回転子が固定子に対して回転するように説明したが、本発明は、固定された回転子に対して固定子が回転する構成や両者が共に相対回転する構成にも適用することができる。本発明のロータリーアクチュエータは、スロッ

トルバルブ、圧力調整弁、比例バイパス弁等のバルブ類は勿論のこと、コンピュータのドライブの駆動等の周辺機器、自動金銭支払機、レーザ偏光装置の制御、人工衛星のパラボラアンテナやソーラー発電装置の向きの制御、カメラの自動追尾装置の制御などあらゆる分野での適用が可能である。

請 求 の 範 囲

1. 複数の永久磁石を有する固定子と、複数の突極が形成された回転子鉄心および該回転子鉄心に巻回された回転子コイルを有する回転子とを具備し、前記回転子コイルに通電することにより前記回転子と前記固定子との相対角度位置を変異させ、通電した電流にほぼ比例する磁気トルクを前記回転子と固定子との間に発生する磁気トルク発生部と、

前記回転子と前記固定子との相対角度変異量にほぼ比例した量変形し、前記磁気トルクの逆方向に向かうトルクを発生する弾性部材とを備えたことを特徴とするロータリーアクチュエータ。

2. 前記回転子または前記固定子が一方向へ回転したときに該回転子または前記固定子とともに回転して前記弾性部材を変形させる弾性部材駆動手段を備えたことを特徴とする請求項1に記載のロータリーアクチュエータ。

3. 前記回転子または前記固定子が一方向へ回転したときに該回転子または前記固定子とともに回転して前記弾性部材を変形させる第1弾性部材駆動手段と、前記回転子または前記固定子が逆方向へ回転したときに該回転子または前記固定子とともに回転して弾性部材を変形させる第2弾性部材駆動手段とを備えたことを特徴とする請求項1に記載のロータリーアクチュエータ。

4. 前記回転子または前記固定子の一方向に向かう磁気トルクが負荷される第1弾性部材と、前記回転子または前記固定子の逆方向に向かう磁気トルクが負荷される第2弾性部材とを備えたことを特徴とする請求項1に記載のロータリーアクチュエータ。

5. 前記第1、第2弾性部材の弾性係数が互いに異なることを特徴とする請求項4に記載のロータリーアクチュエータ。

6. 前記弾性部材に予荷重をかけて予め変形させたことを特徴とする請求項1に記載のロータリーアクチュエータ。

7. 前記固定子は2つの永久磁石を備え、前記回転子鉄心は2つの突極を備え、前記永久磁石の磁極境界部の肉厚を中央部の肉厚の90～95%とし、前記突極の中央部から前記回転子鉄心の回転中心までの距離を、前記突極の境

界部から前記回転子鉄心の回転中心までの距離の 99% 以下とし、

前記突極の境界部と前記回転子鉄心の回転中心との連線間の角度を 100° 以上としたことを特徴とする請求項 1 に記載のロータリーアクチュエータ。

8. 前記永久磁石の磁極境界部の肉厚を中央部の肉厚より小さくし、

前記突極の中央部から前記回転子鉄心の回転中心までの距離を、前記突極の境界部から前記回転子鉄心の回転中心までの距離より小さくし、

前記突極の境界部と前記回転子鉄心の回転中心との連線間の角度を鈍角となるように形成したことを特徴とする請求項 1 に記載のロータリーアクチュエータ。

9. 前記回転子鉄心と前記永久磁石とのそれぞれの対向面を、中心位置が異なる円弧面から形成したことを特徴とする請求項 1 に記載のロータリーアクチュエータ。

10. 前記回転子鉄心に対向する前記永久磁石の対向面を、楕円面状に形成したことを特徴とする請求項 1 に記載のロータリーアクチュエータ。

11. 前記永久磁石の磁極境界部における前記回転子鉄心に対向する対向面を、平坦にカットした形状となるように形成したことを特徴とする請求項 1 に記載のロータリーアクチュエータ。

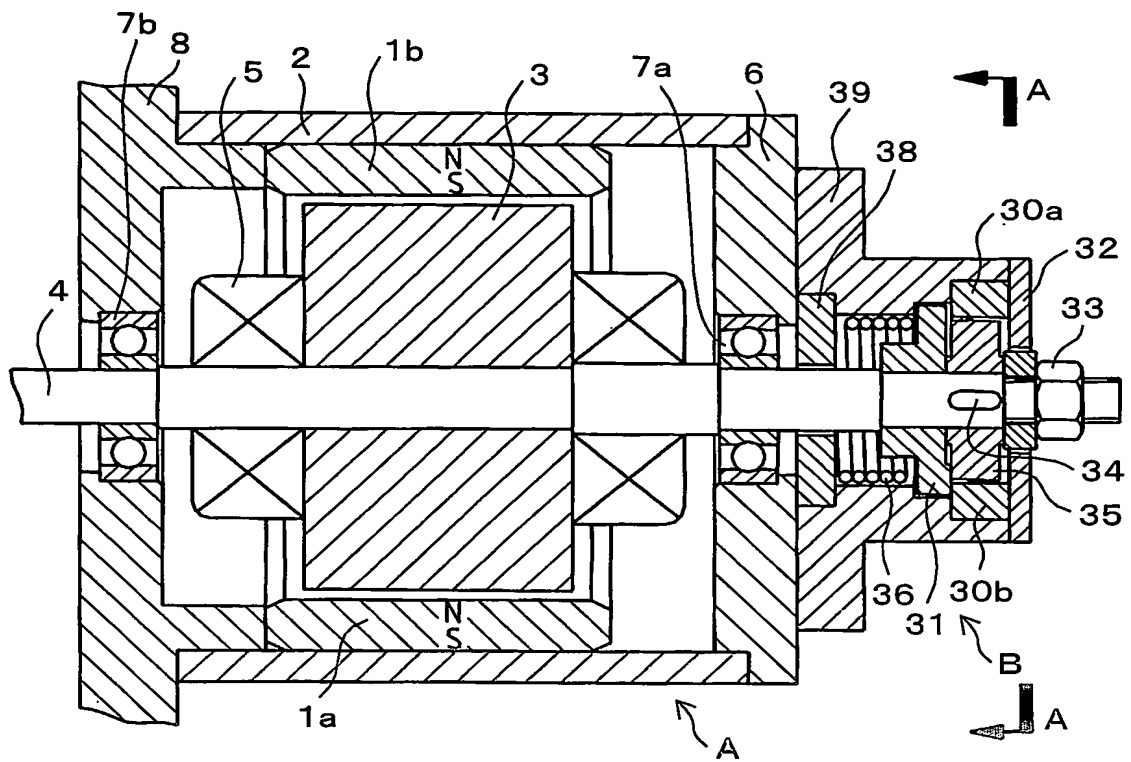
12. 前記永久磁石に対向する前記回転子鉄心の対向面を、中心位置が異なる円弧面から形成したことを特徴とする請求項 1 に記載のロータリーアクチュエータ。

13. 前記永久磁石に対向する前記回転子鉄心の対向面を、楕円面状に形成したことを特徴とする請求項 1 に記載のロータリーアクチュエータ。

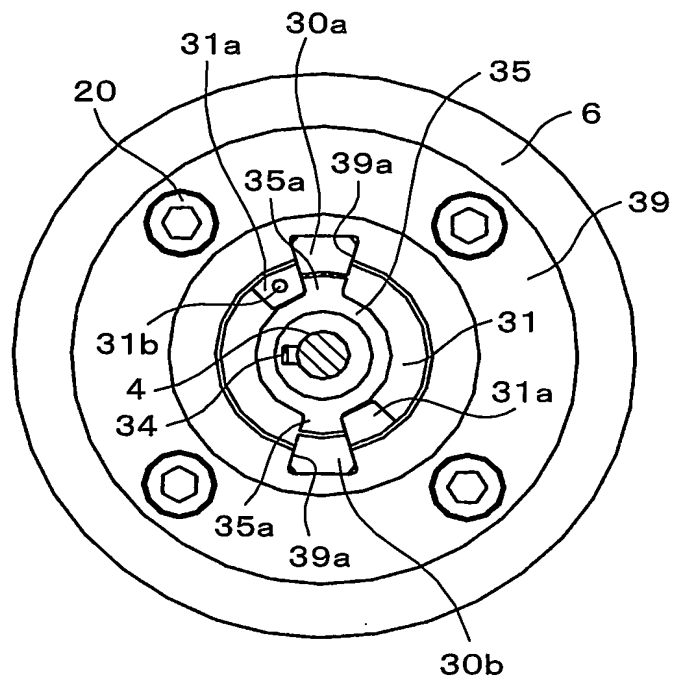
14. 前記回転子鉄心の突極の境界部における前記永久磁石に対向する対向面を、平坦にカットした形状となるように形成したことを特徴とする請求項 1 に記載のロータリーアクチュエータ。

15. 前記永久磁石の磁極境界部に無着磁領域を形成したことを特徴とする請求項 1 に記載のロータリーアクチュエータ。

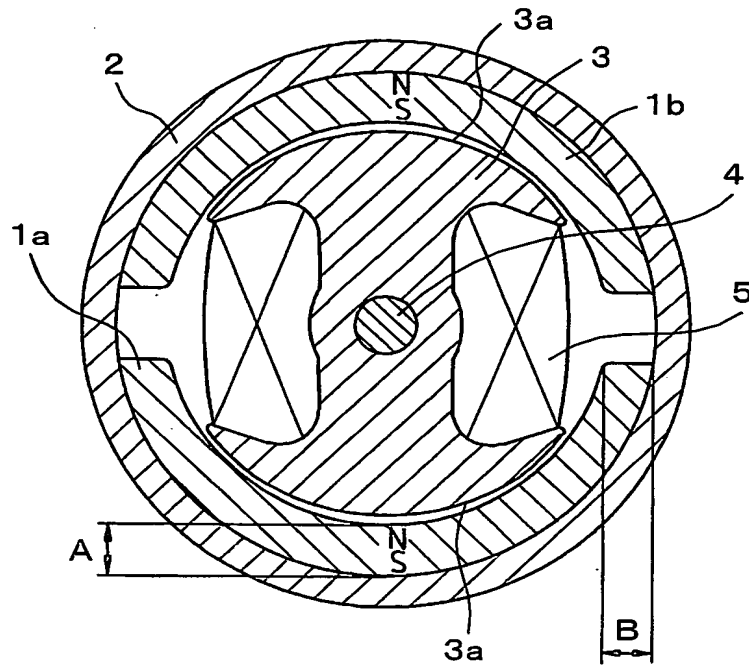
第 1 図



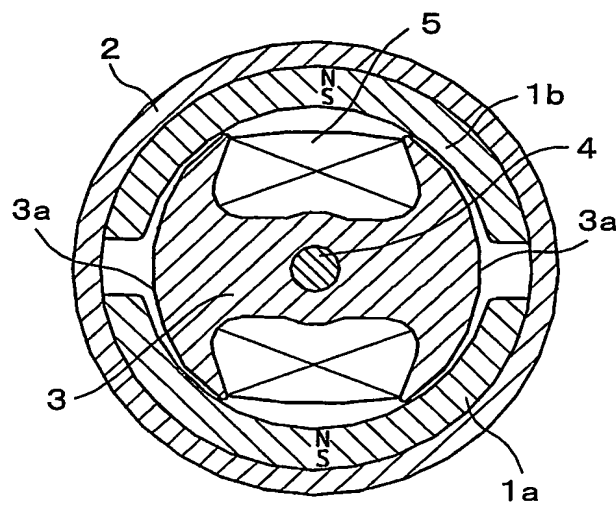
第 2 図



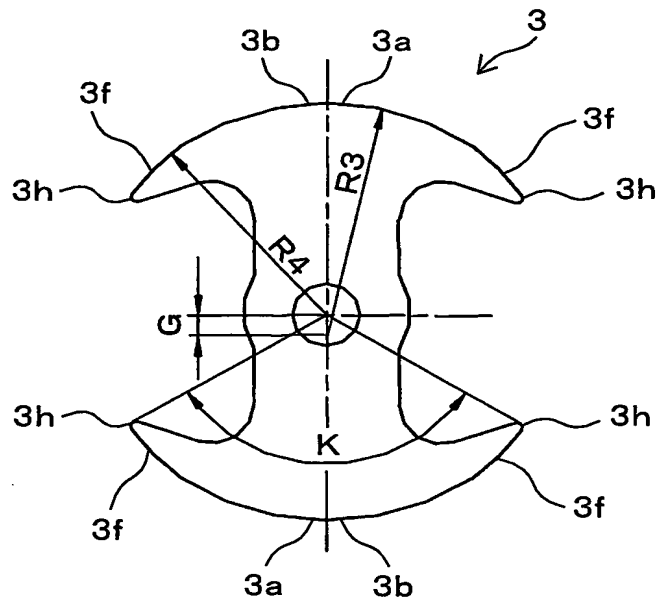
第 3 図



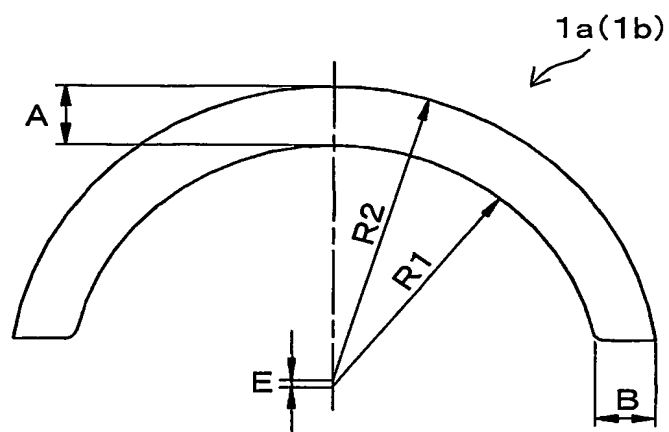
第 4 図



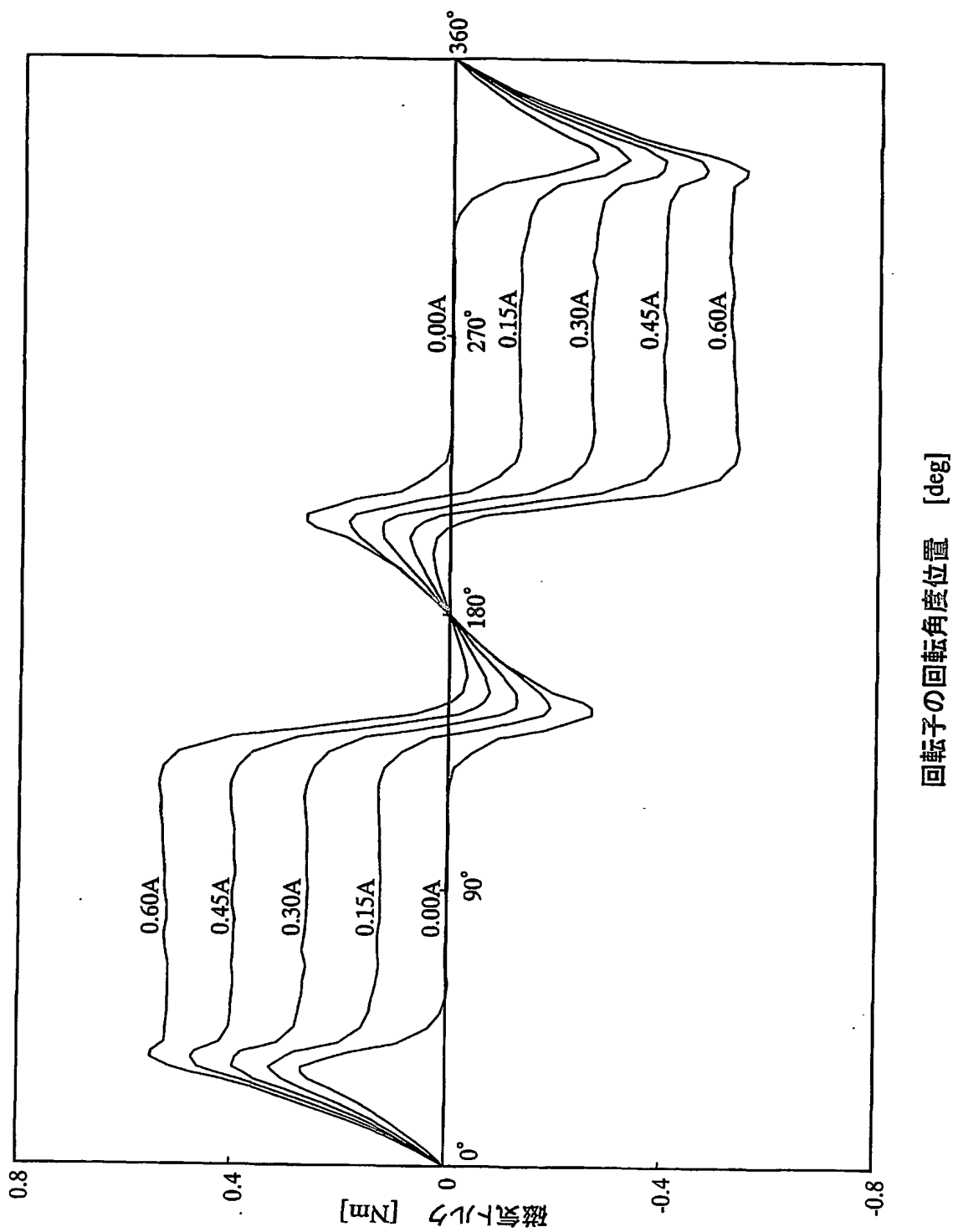
第5図A



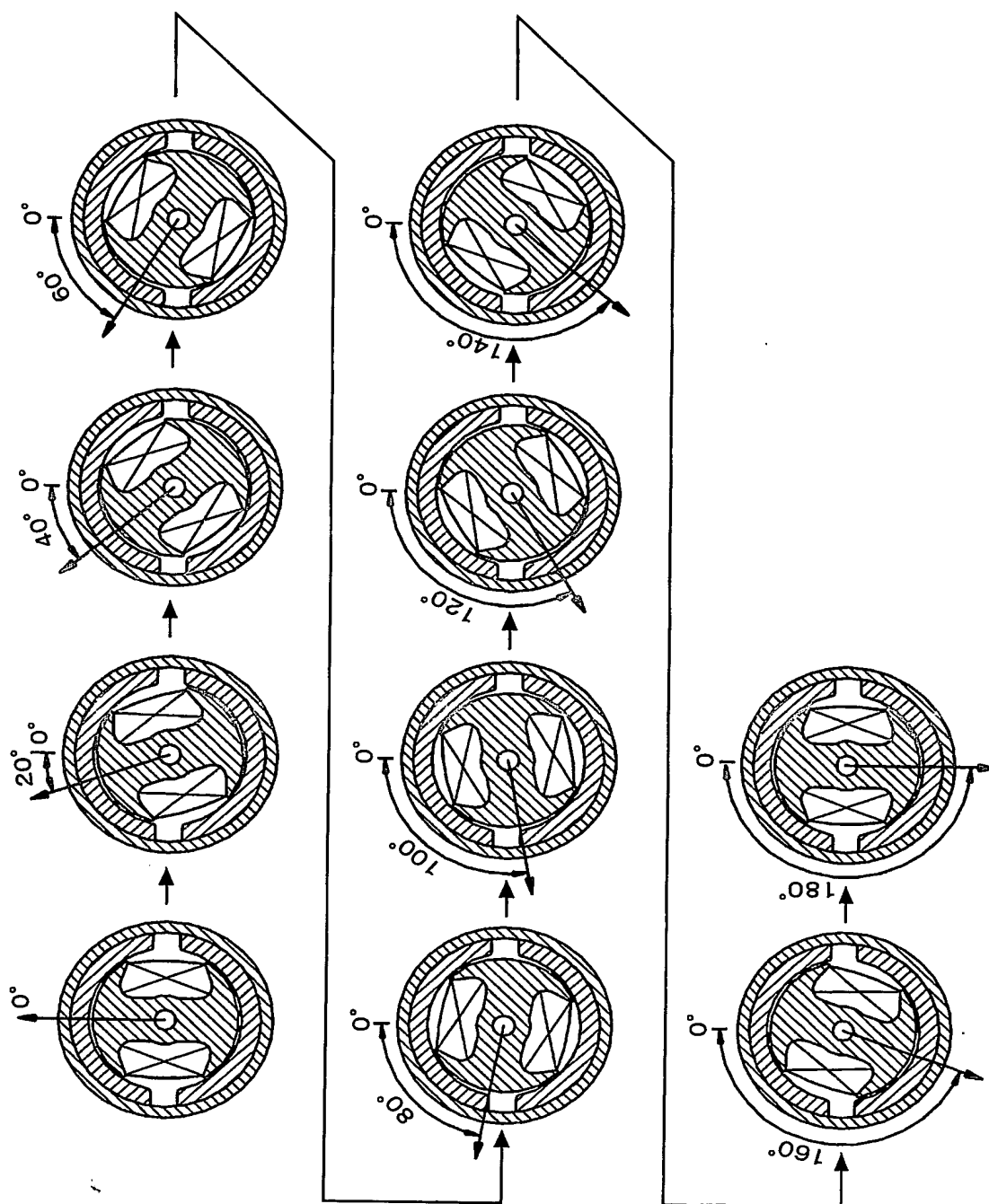
第5図B



第6図



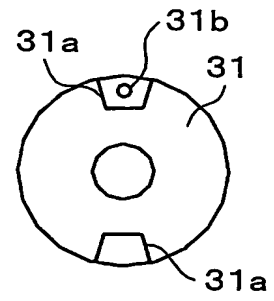
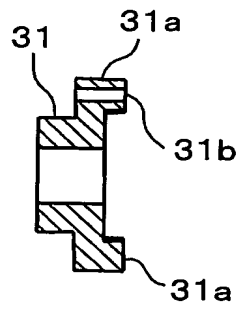
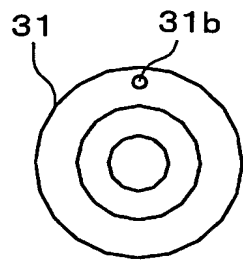
第7図



第8図A

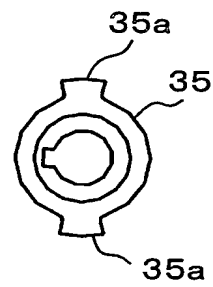
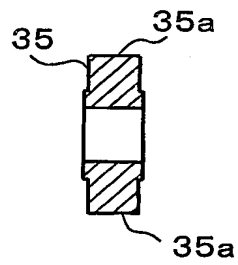
第8図B

第8図C

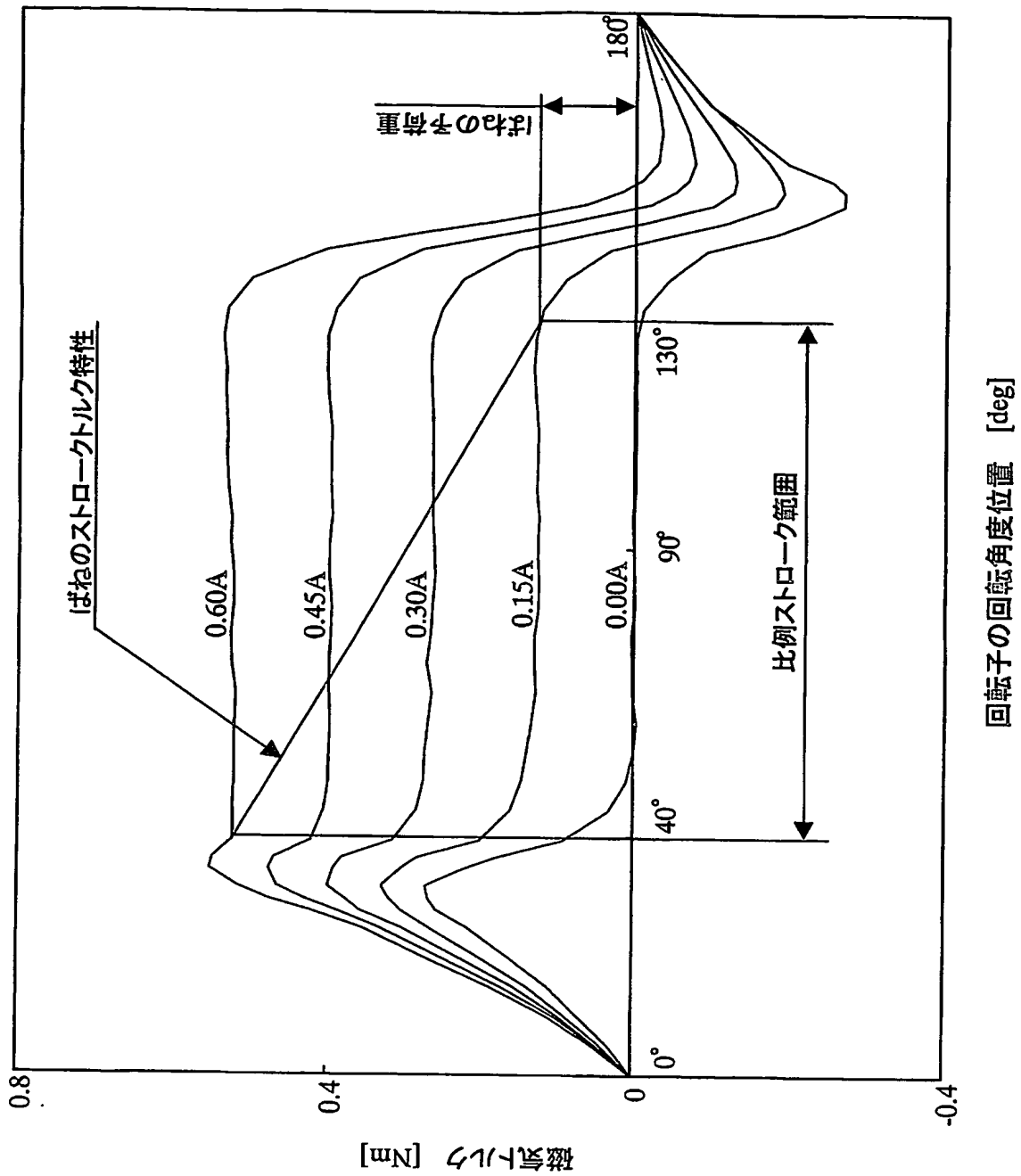


第9図A

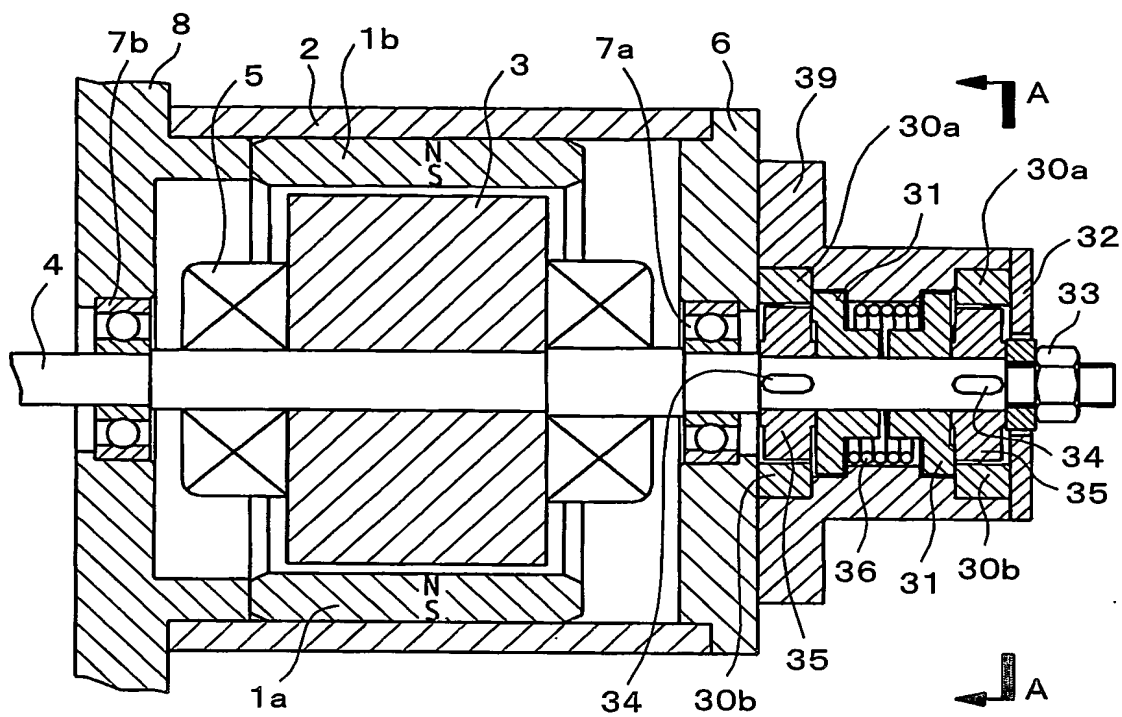
第9図B



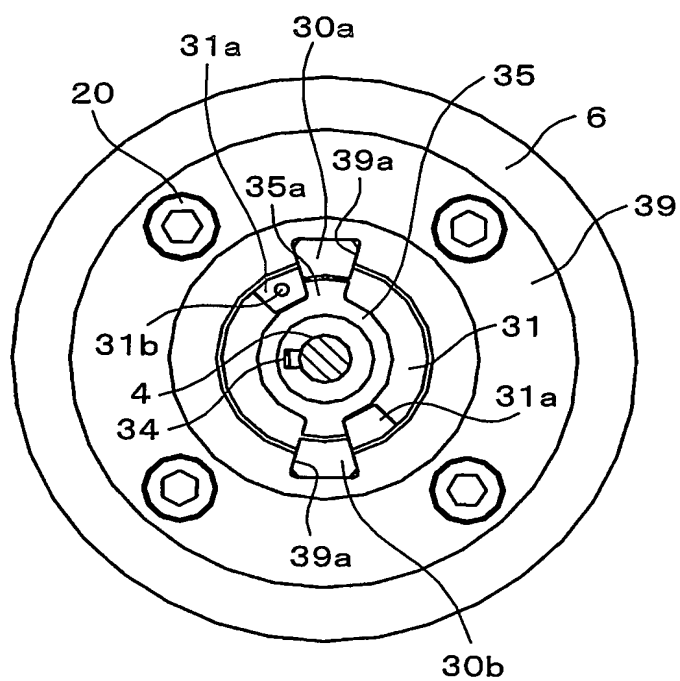
第 10 図



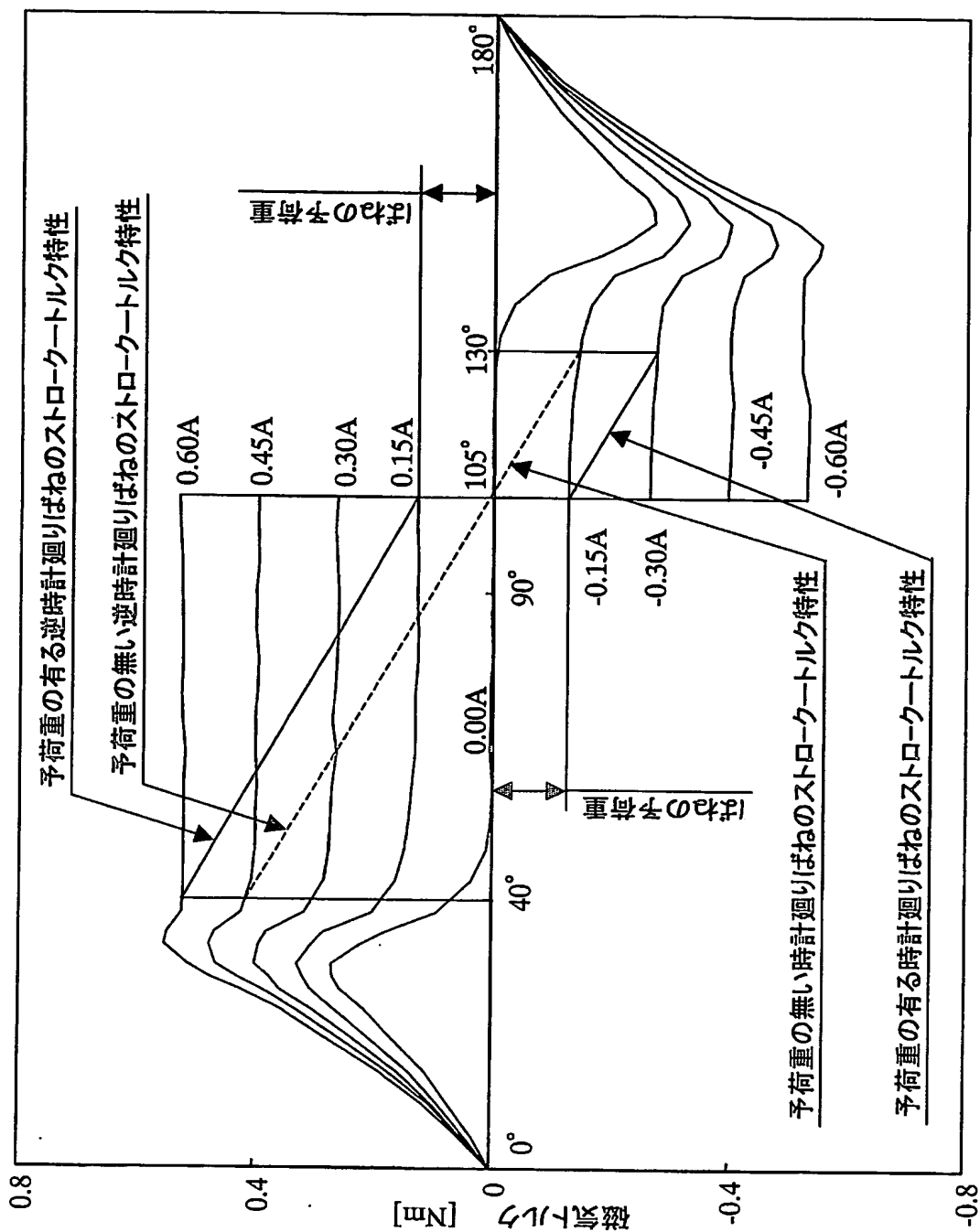
第 1 1 図



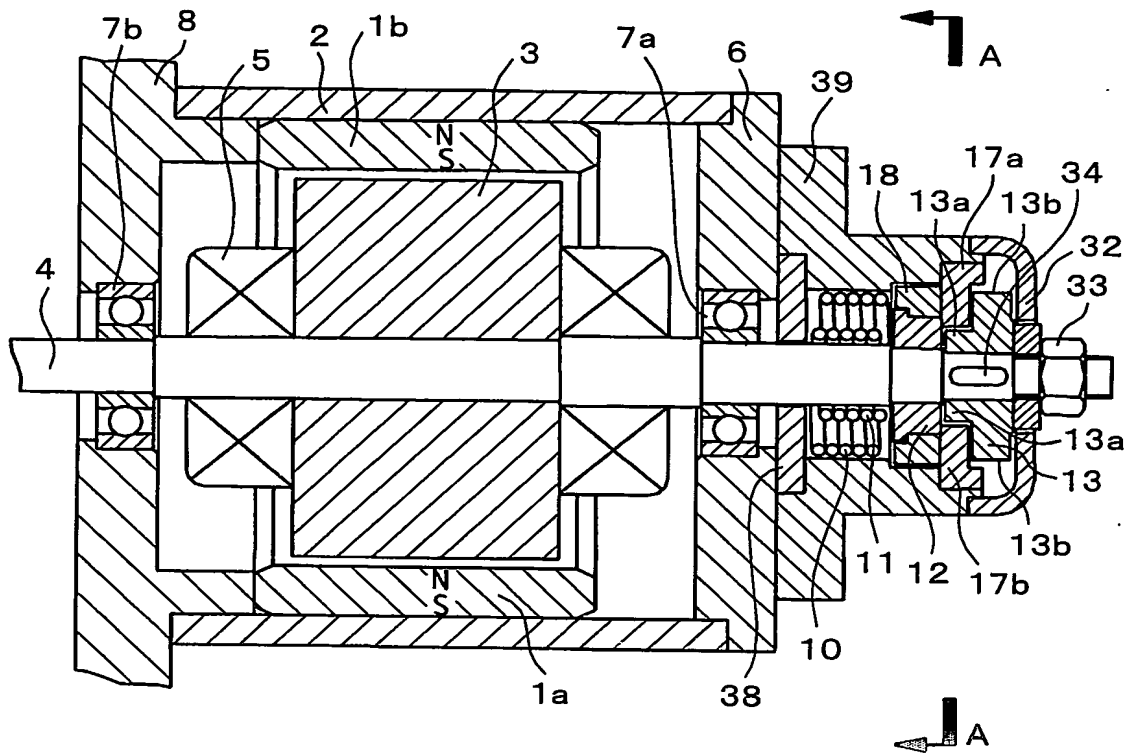
第 1 2 図



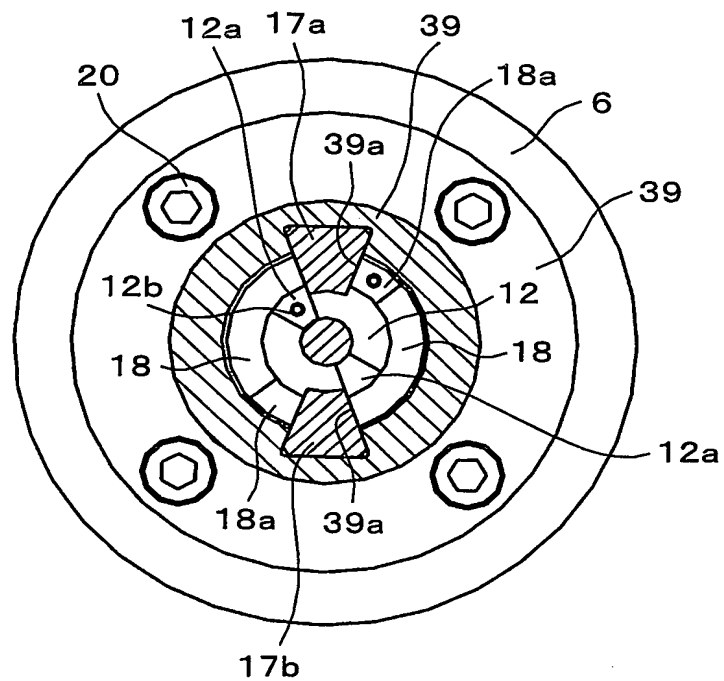
第 1 3 図



第 1 4 図



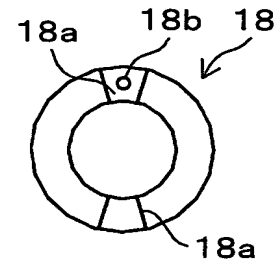
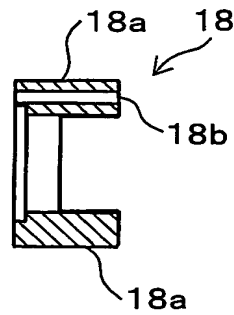
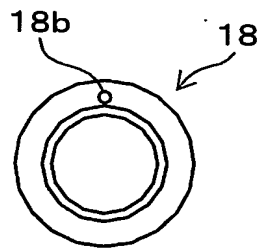
第 1 5 図



第 1 6 図 A

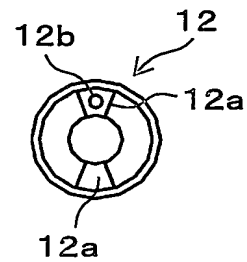
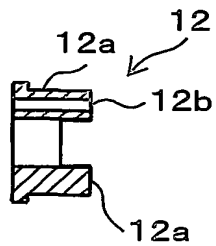
第 1 6 図 B

第 1 6 図 C



第 1 7 図 A

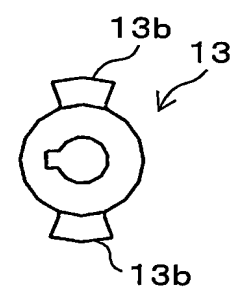
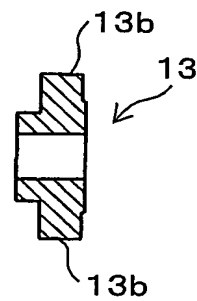
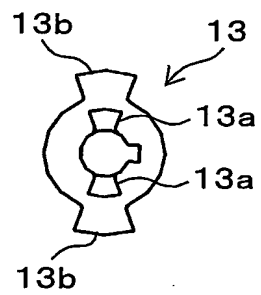
第 1 7 図 B



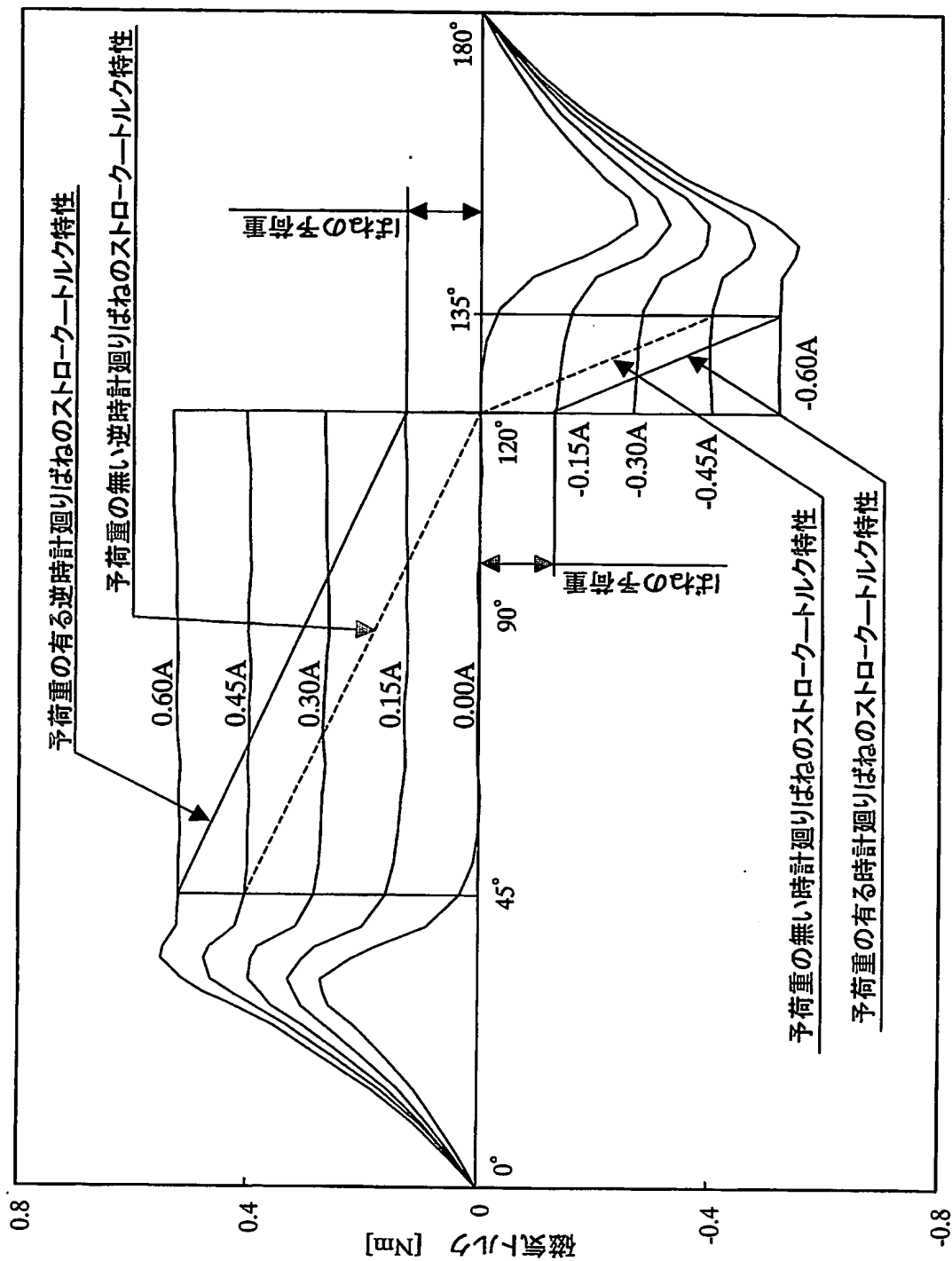
第 1 8 図 A

第 1 8 図 B

第 1 8 図 C



第 19 図



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/004866

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ H02K33/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ H02K33/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

WPI

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2000-41372 A (Aisan Industry Co., Ltd.), 08 February, 2000 (08.02.00), & DE 19922622 A1 & US 6153952 A1 & US 6320285 B1	1-15
Y	JP 2002-209369 A (LG Electronics Inc.), 26 July, 2002 (26.07.02), (Family: none)	1-15
A	JP 2001-45719 A (Nippon Mini Motor Kabushiki Kaisha), 16 February, 2001 (16.02.01), (Family: none)	1-15

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

04 June, 2004 (04.06.04)

Date of mailing of the international search report

22 June, 2004 (22.06.04)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/004866

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 63-249456 A (Aisin Seiki Co., Ltd., Toyota Motor Corp.), 17 October, 1988 (17.10.88), (Family: none)	1-15

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H02K 33/00

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H02K 33/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年

日本国公開実用新案公報 1971-2004年

日本国登録実用新案公報 1994-2004年

日本国実用新案登録公報 1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

WPI

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 2000-41372 A (愛三工業株式会社) 08.02.2000 & DE 19922622 A1 & US 6153952 A1 & US 6320285 B1	1-15
Y	JP 2002-209369 A (エルジー電子株式会社) 26.07.2002 (ファミリーなし)	1-15
A	JP 2001-45719 A (日本ミニモーター株式会社) 16.02.2001 (ファミリーなし)	1-15
A	JP 63-249456 A (アイシン精機株式会社、トヨタ 自動車株式会社) 17.10.1988 (ファミリーなし)	1-15

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

04.06.2004

国際調査報告の発送日

22.6.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

川端 修

3V

8718

電話番号 03-3581-1101 内線 3356